

Э. Б. ТЕРЕХОВА

ГРУНТЫ ОТВАЛОВ СОКОЛОВСКО-САРБАЙСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКА ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Для разработки оптимальных схем отвалообразования на Соколовско-Сарбайском горно-обогатительном комбинате (ССГОК), расположенном в степной зоне Казахстана, и оценки пригодности грунтов для биологической рекультивации нами в 1969—1972 гг. изучены некоторые агрохимические свойства вскрышных пород Соколовского месторождения.

Поверхность отвалов ССГОК слагают породы разного геологического возраста, резко отличающиеся по своим физико-механическим и агрохимическим показателям, а следовательно, и по пригодности для развития растений. Контактные и покрывающие рудное тело рыхлые породы представлены тяжелыми пестроцветными глинами древней коры выветривания (ожелезненная, бокситовая, порфирировая, хлоритизированная), белыми кварцевыми хорошо отсортированными песками, лигнитовыми глинами с обуглившимися окаменелыми включениями древней растительности, глауконитовыми и кварцевыми песками с древней морской фауной мелового возраста, кремнистыми и глинистыми опоками и чеганскими пластичными серо-зелеными глинами третичного периода, супесями и песками палео- и неогенового возраста, перекрытых супесями и суглинками четвертичного времени.

Некоторые минералогические и агрохимические свойства вскрышных пород охарактеризованы Туник Б. М. (1970), и ею же предложена классификация пород по их пригодности для развития растений. Однако в классификацию не включены некоторые основные типы покрывающих и контактных рыхлых пород, а именно: пестроцветные глины древней коры выветривания, пески и супеси мелового возраста, кремнистые опоки, занимающие значительный объем при вскрыше железной руды. Многие из этих пород фитотоксичны. Поэтому как классификация пород, так и

направление биологической рекультивации отвалов ССГОК, требуют дополнения и уточнения.

Все рыхлые породы карьера имеют реакцию среды от кислой ($\text{pH}=3,5$) до щелочной ($\text{pH}=8,5$), часть их сильно засолена (тип засоления сульфатный и сульфатно-натриевый). В процессе выветривания и почвообразования в отвалах происходит изменение их физико-механических и агрохимических свойств. На них поселяются растения разного видового состава, различаются отвалы по скорости освоения растительностью и плотности проективного покрытия возникающих сообществ. По пригодности для освоения все грунты разделяются на три группы: а) потенциально плодородные, пригодные для нормального развития растений — грунты четвертичного возраста, неогеновые пески и супеси, меловые кварцевые и кварцево-глауконитовые пески, некоторые глины древней коры выветривания; б) бесплодные, но пригодные для развития растений при некотором улучшении (внесение полного состава минеральных удобрений или естественной почвы) — ожелезненные и бокситовые глины древней коры выветривания; в) фитотоксичные, непригодные — опоки и чеганские глины третичного возраста и лигнитовые глины мелового.

Потенциально плодородные, пригодные для нормального развития растительности. Наиболее перспективны для выращивания растений четвертичные отложения (гор. 170 в карьере и выше), представленные супесями и суглинками желто-бурого цвета. Они являются подстилающей материнской породой современного почвообразования на ненарушенных площадях, на что указывают их физико-механические и агрохимические показатели; их механический состав (по Н. А. Качинскому) — легкие и средние суглинки и супеси, но достаточно рыхлые, слабосвязанные. Поэтому объемный вес, равный $1,55 \text{ г/см}^3$, соответствует объемному весу песчаных пород. Естественная влажность не превышает 17,9%. Четвертичные отложения имеют нейтральную или слабощелочную реакцию среды ($\text{pH}=6,0-8,0$), не засолены (сухой остаток 0,2%). Доступных элементов питания в них крайне мало: калия 2,5 и фосфора $1,25 \text{ мг/100 г}$ грунта, азот практически отсутствует, количество гумуса (по Тюрину) — 0,15%. Для нормального развития растений на грунтах четвертичного возраста необходимо внесение полного состава минеральных удобрений. Снимать и хранить четвертичные отложения можно вместе с почвенным слоем.

При характеристике пород карьера по пригодности для развития растений зональные почвы (наиболее распространены супесчаные южные черноземы) отнесены к **плодородным, пригодным**. Они в основном представлены маломощными (до 40 см) супесчаными черноземами, в которых отмечается равномерное распределение полуторных окислов в почвенном профиле, полная насыщенность основаниями, нейтральная реакция среды ($\text{pH}=6,5$), переходящая с глубиной в щелочную. В составе обменных катио-

нов присутствуют кальций и магний, в небольшом количестве содержится обменный натрий. Содержание гумуса до 4%, общего азота 0,09%. Подвижными формами фосфора (1,7—10 мг) и калия (4,0—13,5 мг/100 г почвы) обеспечены слабо. При проведении биологической рекультивации отвалов на ССГОК рекомендуется снимать почву на всю толщину почвенного профиля и хранить отдельно.

Поверхности отвалов, сложенные грунтами, которые мы относим к пригодным, осваиваются растениями уже в первый год. На них поселяются вейник наземный, донники, житняк пустынный, келерия грациозная, клоповник мусорный, костер безостый, лебеда татарская, липучка ежевидная, люцерна серповидная, льнянка обыкновенная, мать-и-мачеха, молокан дикий и татарский, молочай уральский, ноннея черно-бурая, пижма обыкновенная, полыни австрийская и эстрагон и другие виды широкой экологической амплитуды и степные ксерофиты.

Бесплодные, пригодные при улучшении. Элементами питания обеспечены слабо (калия и фосфора крайне мало, азот практически отсутствует). В процессе выветривания породы в отвалах приобретают реакцию, близкую к нейтральной ($\text{pH}=6,0-6,5$). Глины древней коры выветривания по своим физическим свойствам более благоприятны для развития растений, чем пески. Поэтому смещение пород этой группы с породами первой приведет к улучшению водно-физических и агрохимических свойств грунтов отвалов.

Отвалы, сложенные этой группой пород, осваиваются растениями медленнее, образуя разреженный травостой с проективным покрытием 20%. Чаще других видов на них встречаются бескильница расставленная, вейник наземный, донники, житняк пустынный, икотник серо-зеленый, клоповник мусорный, кохия шерстистоцветная, ленец ветвистый, марь остистая, молокан татарский и дикий, полыни (австрийская, горькая, метельчатая), солянка холмовая, щавель конский. Большинство видов — сорные, легко приспосабливающиеся к неблагоприятным условиям существования (недостаток питательных элементов, засоление, отсутствие влаги).

Фитотоксичные, непригодные грунты. При валовом способе отвалообразования на поверхности отвалов оказываются смеси всех типов пород. При наличии в грунтосмеси более 20% фитотоксичной породы они становятся непригодными для развития растений. Самыми неблагоприятными являются чеганские глины и опоки, которые при вскрыше железной руды имеют кислую реакцию среды ($\text{pH}=3,5$). В отвалах реакция их подкисляется до $\text{pH}=2,0$ за счет освобождения в процессе выветривания ионов водорода и алюминия. Засоление чеганской глины среднее (0,6—0,7%). Неблагоприятны они и по физическим свойствам: плотные, медленно выветриваются (в течение 10 лет на глубину не более 7—10 см).

Опоки в отвалах выветриваются значительно быстрее, чем че-

ганские глины. По механическому составу они относятся к связным пескам, супесям, легким и средним глинам. С глубиной наблюдается утяжеление их механического состава. Естественная влажность грунтов третичного периода колеблется от 24,2 до 61%. Это свидетельствует о их влагоемкости и тяжелом механическом составе (объемный вес 2,08 г/см³, характерный для глин). Под влиянием процессов выветривания на дневной поверхности они становятся рыхлыми, опоки превращаются в супеси. Реакция среды в карьере при разработке полезного ископаемого кислая (pH=3,5—4,5), на отвалах приближается к нейтральной. Содержание сухого остатка в породе — более 1,5%. В отвалах на поверхности опок часто наблюдается высаливание и содержание сухого остатка повышается от 2,5 до 10%, как у хорошо выраженных солончаков. Такой субстрат очень ядовит для растений. Особенно фитотоксична грунтосмесь из опок и чеганских глин.

Меловой песок с фауной имеет кислую реакцию среды (pH=4,0). По механическому составу он относится к пескам и супесям, основная доля приходится на фракцию физического песка (66,40—83,73%), поэтому они бесструктурны. Меловой песок средне засолен, элементами питания не обеспечен. Лигнитовый песок мало отличается по своей агрохимической характеристике от мелового, за исключением реакции среды (pH=7,8). Пестроцветные кислые глины (pH=2,3—4,7) древней коры выветривания содержат калия 2,5—12 и фосфора 1,0—40 мг/100 г, большей частью засолены (0,36—1,50%).

Отвалы, сложенные токсичными для растений грунтами, осваиваются только солевыносливыми видами, устойчивыми к кислой реакции среды (вейник наземный, верблюдка восточная, горец вьюнковый и птичий, кохия простертая, марь солончаковая, солерос европейский, солянка холмовая, полынь горькая, пырей сизый, тростник обыкновенный). Растения поселяются только в понижениях микрорельефа. Общее проективное покрытие не превышает 2—5%.

Если при разработке карьера отсутствует селективное формирование отвалов, на поверхности оказываются грунтосмеси из всех названных пород. Подвергаясь процессам выветривания, под воздействием формирующейся растительности и начавшегося процесса почвообразования они меняют свои физические свойства и химический состав: становятся более рыхлыми, в них накапливаются элементы питания, необходимые для роста растений, у всех исследуемых грунтов меняется объемный вес (1,55—2,05 г/см³ при естественном залегании, 0,84—1,26 — в отвалах), сближаясь с объемным весом, характерным для разных типов почв. Изменение объемного веса происходит за счет увеличения пористости.

По агрохимическим свойствам четвертичные грунты более благоприятны для развития растений по сравнению с третичными и меловыми. В отвалах они относительно слабо изменяют свои физические и химические свойства. Третичные грунты меняют реакцию

среды в широких пределах ($pH=2,5-6,5$). Среди грунтов третичного возраста можно встретить незасоленные и засоленные, причем в понижениях засоление иногда достигает 3,87% и выше. По химическому составу такие грунты можно отнести к типичным солончакам, тип засоления сульфатный и сульфатно-натриевый. Элементами питания обеспечены неравномерно вследствие пестрого состава пород на поверхности. При наличии значительной примеси опок грунты обеспечиваются фосфором, а присутствие глауконитовых песков повышает в них содержание калия; азот и гумус практически отсутствуют.

Спектральный анализ грунтов четвертичного, третичного и мелового периодов показал отсутствие в них некоторых необходимых для роста растений элементов (Mo, Ba, W, Sn, Bi) при избытке Cu, Al, Ti, Mn, S. Во всех грунтах содержится значительное количество окислов железа, которое превышает норму, необходимую для развития растений (0,002—0,016%), в четвертичных супесях и суглинках в 2 раза (0,02%), в третичных — более чем в 10 раз (0,125%). Наибольшее количество железа (10—16%) отмечено для пестроцветных глин древней коры выветривания. Значительно меньше его (3,6—4,9%) в чеганской глине и опоке. Много в них подвижного алюминия (15—20 мг/100 г и более) и окиси кремния. Окислы железа, алюминия и кремния сильно подкисляют среду грунтов из третичных пород. Валовой анализ показал высокое содержание окислов алюминия (41,4% — в хлоритизированной глине; 29,4 — в ожелезненной; 35,3 — в желто-бурой; 13,3 — в опоках; 12,4% — в чеганской глине). Третичные глины содержат в 3 раза больше окиси титана, в 20 — окиси серы, в 3 — окиси натрия, чем четвертичные.

На неблагоприятные свойства третичных грунтов и грунтосмесей с их преобладанием указывает отсутствие или слабое развитие на поверхности отвалов почвенных водорослей (Неганова, 1971). Исключение составляют *Phormidium Boryanum*, *Schisotrix lardaceae*, *Nostoc commune*, *N. punctiforme*, *Chlorococcum humicola*, обнаруженные в субстрате из-под посевов злаковых и бобовых трав.

Нанесение слоя почвы на поверхность отвалов ускоряет их развитие. Появление сине-зеленой азотфиксирующей водоросли *Nostoc* указывает на начало почвообразовательного процесса. Развитие водорослей на Соколовских отвалах начинается с появления одноклеточных зеленых *Chlorococcum*, *Chlorella* и желто-зеленых *Botrydiopsis*. Из сине-зеленых наиболее развиты неазотфиксирующие *Phormidium*, *Plectonema*, *Schisotrix*. Особо выделяются по развитию водорослей четвертичные грунты, в них обнаружено присутствие представителей 33 видов.

Как известно, на развитие почвенных микроорганизмов влияют дефицит влаги и высокие температуры на поверхности грунта (Голлербах, Штина, 1969). Наблюдения в течение вегетационного периода 1970—1972 гг. за температурой и влажностью поверхно-

Агрохимическая классификация вскрышных пород Соколовского карьера

Категория пригодности	Тип грунта	Агрохимическая характеристика	Перспективы хозяйственного использования
I. Потенциально плодородные, пригодные	1. Четвертичные супеси и суглинки, почвообразующая порода, гор. 170.	Залегают в верхней части геологического профиля. Плотные. Реакция грунта щелочная ($pH=8,0$). Сумма поглощенных оснований 7,4 мг-экв., калия 2, 5, фосфора 1,25 мг/100 г грунта. Не засолены.	Использование в сельском хозяйстве как покрытие на бесплодных породах (до 0,5 м) и фитотоксичных (слоем не менее 1 м при изолирующем слое щебня 0,4 м и глины 0,2 м или только глины 0,5 м). При внесении удобрений можно выращивать травы (эспарцет, люцерна, люцернец, донник, пырей, регнерия, житняк и др.), создавая сенокосные угодья, плантации из облепихи и пчеловодческих угодий, питомники для выращивания древесно-кустарниковых видов, семенные участки, сады, огороды.
	2. Палеогеновая супесь над опоккой, гор. 160.	Светло-серая, реакция среды колеблется ($pH=5,5-7,0$). Слабо засолена, засоление натриевое. Низкое содержание калия (12 мг), очень высокое фосфора (40 мг на 100 г грунта), азота незначительное количество.	
	3. Кварцево-гlaub-конитовые пески, гранулированные, мелового возраста, гор. 110.	Рыхлые пески щелочной реакции ($pH=8,0$), слабо засолены (0,33%). Низкое содержание калия (8,5 мг) и очень высокое фосфора (42—50 мг/100 г грунта).	
	4. Хлоритизированная глина юрского периода, гор. 80.	Щелочная реакция грунта ($pH=7,8$), не засолена (0,16%). Низкая обеспеченность калием (8,5 мг) и очень высокая фосфором (более 40 мг/100 г грунта).	
II. Бесплодные, пригодные при улучшении	1. Бокситовая глина, гор. 80.	Слабощелочная реакция ($pH=7,2$), не засолена, содержит большое количество железа. Калием и фосфором не обеспечена.	При внесении удобрений и подкормке ими возможно выращивание кустарников (облепиха, лох, карагана, шиповник). При нанесении плодородного слоя или потенциально плодородного слоя (0,5 м) пригодны для создания сенокосных угодий и зон отдыха санитарного назначения, плантаций из облепихи.
	2. Ожелезненная глина юрского периода, гор. 80.	Реакция среды нейтральная, слабо засолена, засоление карбонатное. Элементы питания для растений не обеспечена.	

III. Фитотоксичные, непригодные

1. Чеганские глины, сланцеватые, серо-зеленые, третичные, гор. 155.
Порода среднекислая ($pH=4,8$), местами сильнокислая ($pH=2,0-3,3$). Среднезасолена, тип засоления сульфатный. Содержит подвижные ионы водорода и алюминия. Элементами питания обеспечена слабо.
2. Опоки глинистые и кремнистые, третичные, гор.
Реакция грунта кислая ($pH=3,5$). Засоление сульфатное, высокое ($1,4\%$). Низкое содержание калия (до 5 мг) и высокое фосфора.
3. Меловой песок с фауной, гор. 100.
Реакция среды сильнокислая ($pH=4,0$), средние засолены ($0,61\%$), низкое содержание калия ($5,0\text{ мг}$), фосфором не обеспечена.
4. Лигнитовый песок мелового возраста, гор. 90.
Реакция среды слабощелочная, слабозасолен ($0,54\%$). Элементами питания не обеспечен.
5. Порфиритовая глина юрская, гор. 80.
Реакция среды слабощелочная ($pH=8,2$), сильно засолена ($1,5\%$). Калием не обеспечена, содержание фосфора высокое ($50\text{ мг}/100\text{ г}$ грунта).

Требуют покрытия мощным слоем плодородных и потенциально плодородных грунтов (не менее 1 м) с изолирующим слоем из щебня ($0,4\text{ м}$) и глины ($0,2\text{ м}$) или нетоксично тяжелой глины ($0,5\text{ м}$). При биологической рекультивации без коренного улучшения не могут быть использованы. После приведения в пригодное состояние допустимо использование в тех же направлениях, как и у грунтов I и II групп.

В породах II и III категорий отсутствует азот.

стного слоя грунта показали высокую нагреваемость грунтов в отвалах (например, в июне до 52° С на поверхности и 23° С — на глубине 25 см) и их низкую влажность (в те же сроки 12,6—19,9%). Четвертичные грунты имели в это же время влажность 8,4—8,0% при нагреве до 54,4° С.

Высшие растения, поселяющиеся на отвалах, не образуют сплошного растительного покрова даже на грунтах четвертичного возраста, хотя на них они более богаты по флористическому составу, чем третичные. Третичные и меловые грунты как менее благоприятные для развития растений зарастают медленнее, и развитие травостоя на них приурочено к понижениям микрорельефа. В местах понижений формируются группировки из галофильных видов.

При проведении рекультивационных работ наилучшие результаты могут быть получены на отвалах, сложенных четвертичными отложениями. На них рекомендуется проводить либо посадки древесно-кустарниковых видов с образованием насаждений санитарного направления (облепиха, лох, карагана, шиповник), организуя зону отдыха для населения, либо посевы многолетних трав (эспарцет песчаный, люцерна пестрогибридная, лядвенец рогатый, пырей бескорневищный, регнерия волокнистая, житняк ширококолось, костер безостый и др.) с формированием сенокосных угодий сельскохозяйственного назначения. Пригодные почвы и потенциально плодородные породы могут использоваться для покрытия бесплодных (мощность 0,5 м) и фитотоксичных (мощность не менее 1 м). Предварительно на фитотоксичные породы рекомендуется наносить изоляционный слой из щебня или глины для прерывания капиллярного подъема солей на поверхность (мощность слоя щебня или глины 0,4 м, глины 0,2 м) и для создания водоупора. В качестве изоляционного слоя рекомендуется применять тяжелую нетоксичную глину. Бесплодные породы могут быть использованы для выращивания указанных древесно-кустарниковых видов после внесения степного чернозема в лунки во время посадки и при ежегодной подкормке минеральными удобрениями.

Одним из перспективных направлений биологической рекультивации отвалов на ССГОК является создание плантаций из облепихи (ценного лекарственного и плодово-ягодного сырья), а также создание пчеловодческих угодий на участках, интенсивно зарастающих бобовыми и разнотравными видами. (В настоящее время местное население ставит ульи в посевы бобовых растений). Некоторые площади можно использовать под питомники для выращивания древесно-кустарниковых пород, приспособленных к жизни на отвалах, и для создания семенных участков (для сбора семян многолетних трав).

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Все рыхлые породы, покрывающие рудное тело, по стратиграфии можно разделить на 3 категории по пригодности для развития растений: а) потенциально плодородные, б) бесплодные, но

пригодные при улучшении, в) фитотоксичные (таблица). Потенциально плодородные грунты пригодны для проведения на них биологической рекультивации, бесплодные требуют внесения полного состава минеральных удобрений; фитотоксичные (кислые, засоленные) требуют коренного улучшения (известкование, гипсование, внесение удобрений, покрытие их плодородными почвами или потенциально плодородными породами).

2. В отвалах происходит изменение физических и агрохимических свойств пород под влиянием процессов выветривания и почвообразования и формирующейся растительности. Они становятся рыхлыми, осваиваются почвенными водорослями, количество питательных веществ в них повышается.

3. Токсичные для растений породы рекомендуется складировать в основание отвала. При нанесении пригодных пород на токсичные мощностью до 1 м необходимо создавать изоляционный слой из нейтральной глины (0,5 м) или щебня (0,4 м) и глины (0,2 м).

4. На рекультивированных участках можно создавать зоны отдыха санитарного направления, сенокосные угодья, противоэрозийные посевы и посадки многолетних видов, плантации из облепихи, пчеловодческие угодья, использовать восстановленные земли под питомники, семенные участки, сады, огороды.

Данная классификация дополняет ранее предложенную новыми типами пород разных геологических периодов, уточняет направление биологического восстановления отвалов и расширяет возможности использования рекультивированных земель на Соколовском карьере.

ЛИТЕРАТУРА

- Голлербах М. М., Штина Э. А., 1969. Почвенные водоросли. Л.
Неганова Л. Б., 1971. Развитие водорослей на промышленных отвалах. Мат. науч. конф. «Растения и промышленная среда». Киев.
Терехова Э. Б., 1975. Рекультивация бортов Сарбайского карьера. Отчет УрГУ. Свердловск (рукопись).
Туник Б. М., 1970. Минералогический состав и свойства вскрышных пород Соколовского карьера. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск.